

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ С ТОНКОПЛАСТИНЧАТЫМ СТРОЕНИЕМ ПЕРЛИТА, СТРУКТУРИРОВАННОЙ МЕТОДОМ РКУП

Михоленко Д.А., Мешикова А.И.

Руководитель – доц., к.т.н. Копцева Н.В.

Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
vax_demonik@mail.ru

Для практики имеет большое значение стабильность структуры и свойств ультрамелкозернистых (УМЗ) материалов, полученных при интенсивной пластической деформацией (ИПД). В настоящей работе исследованы стали марок 20 и 45 промышленных плавок, которые широко используются для изготовления метизной продукции. Заготовки диаметром 20 мм и длиной 120 мм обрабатывались методом РКУП при 400 °С по известной схеме в четыре прохода с поворотом образца вокруг продольной оси на 90° после каждого прохода. После РКУП образцы подвергались нагреву до 200, 300, 400, 500, 600 и 700 °С с выдержками 5 минут и 1 час.

Металлографический анализ проводился на микроскопе «ЭПИКВАНТ» с использованием системы компьютерного анализа изображений SIAMS-600, а также с помощью металлографического микроскопа Meiji Techno с использованием системы компьютерного анализа изображений Thixomet Pro и растрового электронного микроскопа JEOL JSM-6490LV при ускоряющем напряжении 30 кВ. Измерение микротвердости проводилось на твердомере Buehler Micromet при нагрузке 200 Н. Определяли также следующие характеристики механических свойств: временное сопротивление, относительное удлинение и относительное сужение поперечного сечения после разрыва.

Воздействие методом РКУП привело к фрагментации практически всех зерен феррита и в стали 20, и в стали 45. При этом в низкоуглеродистой стали 20 твердость оказалась сопоставимой с твердостью среднеуглеродистой стали марки 45 и составила в среднем 2470 и 2570 МПа, соответственно, что объясняется интенсивным диспергированием ферритной матрицы в процессе РКУП.

Микроструктура стали 20, подвергнутой РКУП и последующему нагреву, во всех случаях оказалась достаточно однородной по сечению. При нагреве до температуры 400 °С феррит остается фрагментированным (рис. 1 а). При повышении температуры или же увеличении времени выдержки начинает происходить рост зерен феррита и появляются рекристаллизованные зерна (рис. 1,б, в). Изменения в микроструктуре

стали 45 после РКУП и последующего нагрева аналогичны происходящим в стали 20 (рис. 2). При этом после нагрева при температуре 600 °С в результате сфероидизации перлит приобретает точечное строение (рис. 2,в).

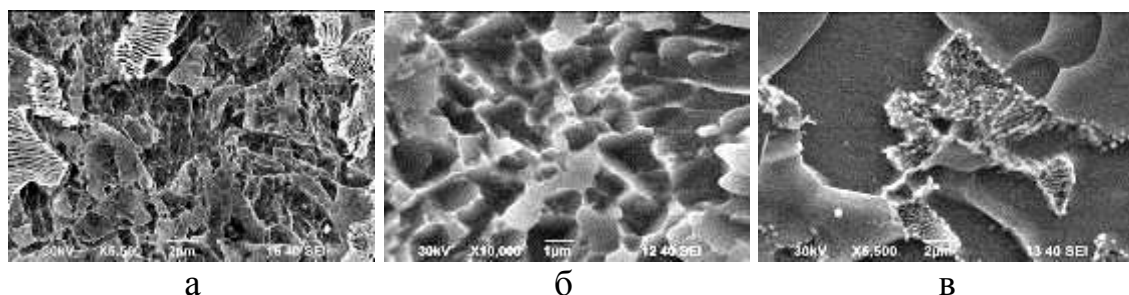


Рисунок 1. Микроструктура стали 20 после РКУП и нагрева при температуре 400 °С (а), 500 °С (б) и 600 °С (в) с выдержкой 5 мин.

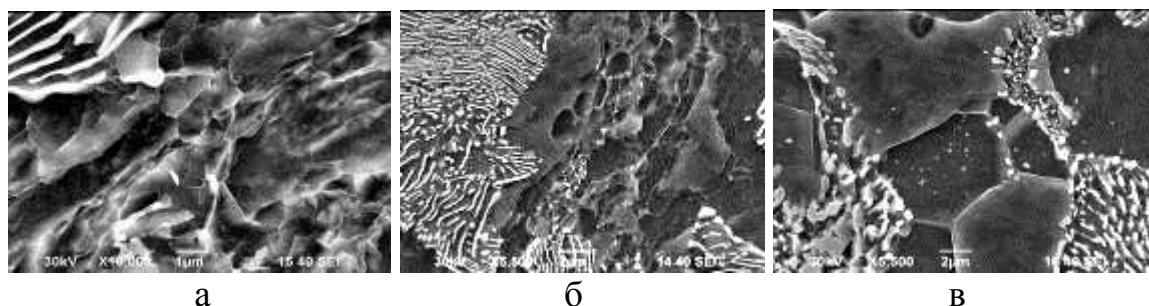


Рисунок 2. Микроструктура стали 45 после РКУП и нагрева при температуре 400 °С (а.), 500 °С (б) и 600 °С (в) с выдержкой 5 мин

Нагрев стали, обработанной методом РКУП, до температуры 200 °С приводит к некоторому увеличению твердости (рис. 3), особенно в стали 20 при больших выдержках. Это связано с выделением углерода, растворившегося в процессе РКУП, в виде карбидов. Значительных изменений показателей механических свойств после нагрева в интервале температур от 200 до 400 °С не происходит (таблица).

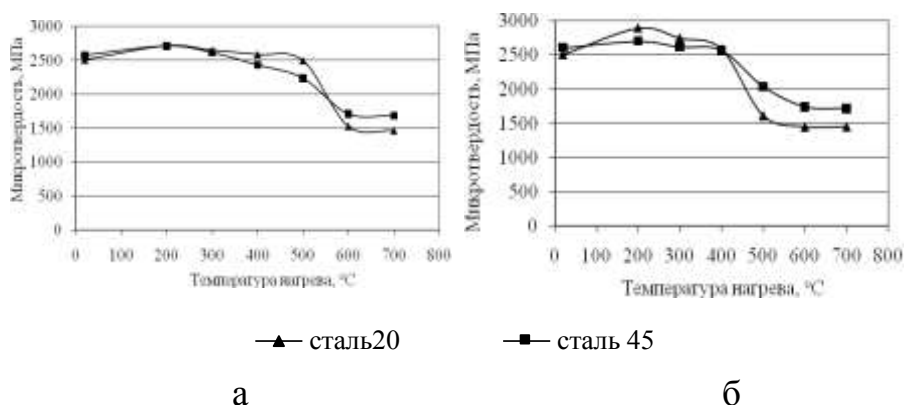


Рисунок 3. Изменение микротвердости сталей 20 и 45 при нагреве:
а – выдержка в течение 5 мин.; б – выдержка в течение 1 ч

При нагреве до 400 °С с выдержкой в течение 1 ч или нагреве до 500 °С с выдержкой в течение 5 мин. начинается интенсивное уменьшение твердости (рис. 3), а также наблюдается существенное изменение прочностных и пластических характеристик (таблица) в результате протекания процессов рекристаллизации, роста зерна феррита и сфероидизации цементита.

Таблица. Изменение механических свойств

Механический показатель	Температура, °С	Сталь 20		Сталь 45	
		5 мин.	60 мин.	5 мин.	60 мин.
σ_B , МПа	200	826	838	917	910
	400	808	792	911	880
	500	801	714	897	802
δ , %	200	4,75	5,47	4,65	6,04
	400	5,43	8,01	5,58	8,01
	500	5,97	10,68	6,5	9,02
ψ , %	200	52,7	54	20,2	22,8
	400	54,6	57,4	25,23	30,2
	500	56,3	61,37	28,23	40,15

Значительное влияние на изменение механических свойств оказывает время выдержки при заданных температурах. В частности, при выдержке 60 мин. при температуре 400 °С прочностные и пластические характеристики меняются более значительно, чем при выдержке 5 мин. при температуре 500 °С. Очевидно, время выдержки 5 мин. в исследуемом интервале температур недостаточно для развития процессов изменения структуры, что подтверждается данными металлографических исследований.

Заключение. Структура стали 20 и 45, сформированная при воздействии методом РКУП в 4 прохода, сохраняет фрагментированное (ультрамелкозернистое) строение феррита при нагреве до 400...500 °С и твердость 2500...2200 МПа и прочность 750...850 МПа. При такой твердости наблюдается возрастание пластических характеристик в 1,5...2 раза от 5 до 9 %.

Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», регистр. номер 2.1./2014., а также федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., государственный контракт П983.